

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

Tutkintotyö

Matti Lavikka

**AJONEUVON LÄMMÖNSÄÄTÖJÄRJESTELMÄN OPETUS- JA
TUTKIMUSLAITTEISTON SUUNNITTELU JA VALMISTUS**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2006

Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi
Tampereen ammattikorkeakoulu, auto- ja työkonelaboratorio

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja työkonetekniikan koulutusohjelma

Auto- ja kuljetustekniikka

Lavikka, Matti

Ajoneuvon lämmönsäätöjärjestelmän opetus- ja tutkimuslaitteiston suunnittelu ja valmistus

Tutkintotyö

23 sivua + 12 sivua liitteitä

Työn ohjaaja

Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu, auto- ja työkonelaboratorio

Elokuu 2006

Hakusanat

Ilmastointi, CAN- väylä, lämmönsäätö

TIIVISTELMÄ

Ajoneuvoissa on viime vuosina yleistynyt erilaiset mukavuustekijät. Ilmastointi kuuluu mukavuustekijänä nykyään lähes jokaisen ajoneuvon varustukseen. Lisäksi ilmastoinnin ja samalla koko lämmönsäätöjärjestelmän ohjaus on elektroniikan myötä tullut monimutkaisemmaksi. Lämmönsäätöjärjestelmistä ajoneuvokäytössä on ollut huonosti tietoa saatavilla sekä käytännön harjoittelu ei ole ollut mahdollista. Tämän osa-alueen tunteminen olisi kuitenkin tärkeää nykypäivän insinööreille.

Tässä työssä on suunniteltu ja valmistettu ajoneuvon lämmönsäätöjärjestelmän opetus- ja tutkimuslaitteisto. Laitteiston avulla on tarkoitus opettaa ja havainnollistaa lämmönsäätöjärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Lisäksi sen avulla opetetaan ja tutkitaan säätötekniikkaa sekä multiplex- järjestelmän ohjelmointia ja käytännön toimintaa. Laitteiston suunnittelussa on otettu erityisesti huomioon järjestelmän todentuntuisuus ja opetuskäytön vaatimukset. Työn painopiste oli laitteiston suunnittelussa ja rakentamisessa.

Laitteiston kehittäminen ja sen avulla suoritettavat opetustehtävät muokkautuvat jatkossa kun laitetta ruvetaan käyttämään osana opetusta. Mahdollisia opetustehtäviä on mietitty osaltaan myös tätä työtä tehdessä.

TAMPERE POLYTECHNIC

Automotive Engineering

Automotive Engineering

Lavikka, Matti

Designing and manufacturing of vehicles temperature regulation system for educational purposes

Engineering Thesis

23 pages + 12 appendices

Supervisor

Lis. tech. Tauno Kulojärvi

Commissioned by

Tampere Polytechnic

August 2006

Keywords

Airconditioning, CAN bus, temperature regulation system

ABSTRACT

Today it is very usual to have the air conditioning system in different vehicles. Controlling of temperature regulation systems has also become more and more difficult because the new systems are more complicated than before. There haven't been enough information how the temperature regulation systems in vehicles really works and there haven't been possibility to learn in practice how such system operates. Because the air conditionings are very common in new cars there is a need to learn and practice the function of temperature regulation systems and air conditionings.

The aim of this study was to design and produce the temperature regulation system which could be used in educational purposes for the bachelor of engineering students in Tampere Polytechnic of Applied Sciences.

The main purpose of the system is to teach and illustrate the function and the structure of temperature regulation systems. It is also possible to teach and research the function and programming of multiplex system with this system. The system has designed to simulate the real temperature regulation systems. So this kind of system could also be in the real vehicles.

The final purpose of this temperature regulation system will be determined when it becomes a part of the education. There are also considered some possible educational purposes of the temperature regulation system in this research.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty tutkintotyönä Tampereen ammattikorkeakoululle.

Työn aiheen sain laboratorioinsinööri Jari Seppälältä sekä Tekn. Lis. Tauno Kulojärveltä. Lämmönsäätöjärjestelmän opetuslaitteiston tekeminen tutkintotyönä tuntui luontevalta, sillä olen saanut aiemmin työtehtävissäni paljon alaan liittyvää kokemusta. Valmistin laitteiston Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa, joka on myös sen lopullinen sijoituspaikka.

Työn onnistumisen ja ennen kaikkea valmistumisen kannalta Ari Lavikan apu ja neuvot ovat olleet minulle tärkeitä. Haluan kiittää myös työn teettäjän Tampereen ammattikorkeakoulun edustajaa, laboratorioinsinööri Jari Seppälää sekä työn valvojaa, Tekn. Lis. Tauno Kulojärveä osaavasta ohjauksesta.

Tampereella 10.8.2006

Matti Lavikka

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 OPETUSPÖYTÄ	7
3 ILMASTOINTILAITTE	8
3.1 Komponentit ja kylmäainekierto	8
4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	11
4.1 Komponentit ja lämmityskierto	11
5. LÄMMÖNSÄÄTÖJÄRJESTELMÄ	13
5.1 Säädön teoriaa	13
5.2 Opetuspöydän lämpötilansäätölaitteet	18
6. ILMASTOINNIN TUTKIMINEN	18
7. LÄMMÖNSÄÄTÖJÄRJESTELMÄN OHJAUKSEN TUTKIMINEN	19
7.1 Lämmönsäätöjärjestelmän kytkeminen CAN- väylälaitteistoon	20
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	23
LÄHTEET	23

LIITTEET

Liite 1. Opetuspöydän sähkökaaviot

Liite 2. Autolaboratoriot- kurssin työohje: Ajoneuvon ilmastointilaitteen toiminnan tutkiminen simulaatiopöydän avulla

1 JOHDANTO

Henkilöautoille, linja-autoille sekä työkoneille asetetut mukavuusvaatimukset ovat kasvaneet jatkuvasti. Ajoneuvojen valmistajat kilpailevat asiakkaista suurelta osin mukavuusvarusteiden avulla. Näin ollen viime vuosina monien muiden mukavuustekijöiden tavoin myös ilmastointilaitteesta on tullut ennemmin vakiovaruste kuin lisävaruste. Lämmönsäätöjärjestelmien mekaaninen perustekniikka ei ole uudistunut juurikaan viimeaikoina, mutta siltikin ala on monille outo johtuen huonosti saatavilla olevasta opetusmateriaalista. Harva opiskelija pääsee myöskään näkemään lämmönsäätöjärjestelmää luonnossa ja vielä toiminnassa. Lämmönsäätöjärjestelmien ja yleisesti lähes kaikkien toimilaitteiden ohjaustekniikka on kehittynyt nopeasti viimeaikoina, joten siihen liittyvälle opetusmateriaalille ja -laitteistolle on tarvetta.

Tässä työssä tavoitteena on suunnitella ja valmistaa ajoneuvon lämmönsäätöjärjestelmän opetus- ja tutkimuslaitteisto, jonka avulla on mahdollista havainnollistaa ja tutkia järjestelmän rakennetta ja toimintaa. Lisäksi laitteiston avulla voidaan tutustua nykyaikaiseen ohjaus- ja säätötekniikkaan, jota käytetään viimeisimmissä ajoneuvosovellutuksissa.

Työ tehdään Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorioon. Lämmönsäätöjärjestelmää ei ole ennen opetettu missään muodossa teoriassa tai käytännössä. Koululla ei ole myöskään ollut opetuksen mahdollistavaa laitteistoa käytössä. Valmiita tutkimus- ja opetuslaitteistoja ei ole saatavilla, joten laitteen rakentaminen itse on ainoa vaihtoehto.

Laitteiston valmistamisen ohella työssä pohditaan alustavasti opetustehtäviä ja esimerkkejä pöydällä tehtävistä töistä. Laitteiston avulla opetettavien kurssien sisältö tai opetusmateriaalin tekeminen ei kuulu tämän tutkintotyön sisältöön.

2 OPETUSPÖYTÄ

Laitteiston runko on rakennettu 40*40*2 mm mustaksi maalatusta rakenneteräksestä ja se on sijoitettu neljän pyörän päälle, jotta laitetta voidaan liikutella. Kahdessa pyörässä on lukittavat jarrut jotta pöytä pysyy paikallaan. Laitteisto on kuvassa 1.



Kuva 1. Lämmönsäätötekniikan opetuslaitteisto

Pöytä on jaettu puisten levyjen avulla eri osiin. Pystyseinän toisella puolella on ilmastointijärjestelmä ja toisella puolella on lämmitysjärjestelmä. Vaakatason alla on

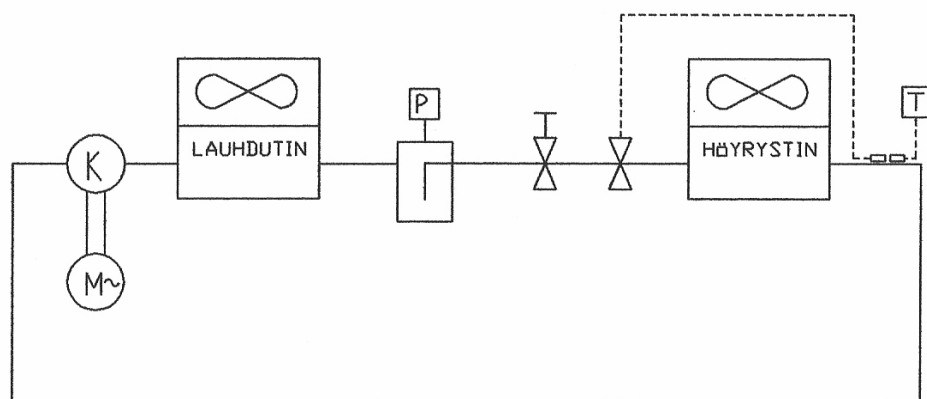
lämmivesivaraaja, sähkömoottori sekä puhallustila, joka simuloi ajoneuvon sisätilaa.

Pöydän pätyyn on sijoitettu 380 VAC sähkökeskus, jossa on katkaisimet, sulakkeet ja kontaktorit voimavirtalaitteille. Hätäseis- painike on sijoitettu myös keskukseen. Laitteiston sähkökaavio on liitteessä 1. 380 VAC jännitteellä toimivia laitteita ovat sähkömoottori, lämminvesivaraaja sekä muuntaja. Muuntajalta saadaan 26 VDC ilmastoinnin ja lämmityslaitteiston komponenteille, joka vastaa linja-autoissa käytettyä sähköjärjestelmää.

3 ILMASTOINTILAITE

Ajoneuvon ilmastoinnin tehtävänä on siirtää sisätiloissa olevaa lämpöenergiaa ulos ajoneuvosta, toisin sanoen ulkoilmaan. Kun lämpöenergiaa poistetaan sisätiloista, lämpötila laskee ja ilma viilenee. Ilmastoinneissa käytetään väliaineena kylmäainetta, joka on tavallisimmin tyyppiä R 134a.

3.1 Komponentit ja kylmäainekierto



Kuva 2. Kylmäainekierron prosessi-instrumentointi (PI) -kaavio

Ilmastointijärjestelmän (kuva 2) voimanlähteenä on 1,1 kW sähkömoottori. Tällä korvataan ajoneuvon moottori, jonka kampiakselilta otetaan normaalisti käyttövoima ilmastoinnin kompressorille hihnavälityksellä. Sähkömoottorin pyörimisno-

peus on kolmiokytkennällä 1500 kierr/min ja sen akselin päässä on halkaisijaltaan 90 mm 2*A-hihnapyörä, josta veto välittyy 2*A-hihnan välityksellä kompressorin 110 mm halkaisijaltaan olevalle hihnapyörälle. Täten kompressori pyörii 1230 kierr/min.

Sähkömoottorin teho riittää hyvin opetuslaitteistossa käytettyyn SELTEC TM 13 HD kompressorin, jonka kierrosluvu on 131 cm³. Kompressorin pyörimisnopeus vastaa normaalin diesel-moottorisen ajoneuvon matka-ajossa käytettävää pyörimisnopeutta. Kompressorin toimintaa säädetään hihnapyörän yhteydessä olevalla magneettikytkimellä, jonka avulla kompressorin kampiakseli saadaan lukittua hihnapyörään. Kompressorin tehtävänä kylmäainekierrossa on puristaa kaasumainen kylmäaine noin 2 barin paineesta korkeapaineiseksi (noin 17 bar) kaasuksi.

Korkeapaineinen kylmäaine jäähdytetään lauhduttimessa, josta kylmäaineeseen sitoutunut lämpöenergia siirretään ulkoilmaan. Kylmäaineen sisältämän lämpöenergian laskiessa paineistettu kylmäaineen olomuoto muuttuu kaasusta nesteeksi ennen lauhdutinkennoston loppua. Aineen muuttaessa olomuotoa kaasusta nesteeksi tai nesteestä kaasuksi se pystyy sitomaan tai luovuttamaan paljon lämpöenergiaa ilman että lämpötila muuttuu (vrt. veden sulaminen ja jäätyminen).

Nestemäinen kylmäaine johdetaan seuraavaksi kuivaaja/varaajasäiliöön, joka toimii kylmäaineen varastona. Kuivaajan tehtävä on suodattaa epäpuhtaudet ja kosteus erilleen kylmäaineesta sekä varmistaa nestemäisen kylmäaineen saanti paisunta-venttiilille. Paisunta-venttiili ruiskuttaa korkeapaineisen kylmäainesteen neula-venttiilin läpi matalapainetilaa höyrystinkennoon. Paisunta-venttiili säätyy koko ajan höyrystinkennon lämpötilan mukaan. Sääto tapahtuu kapillaariputkessa olevan väliaineen lämpölaajenemisen avulla. Väliaine painaa ruiskutusventtiilin neulaa pienemmälle lämpötilan laskiessa, jonka seurauksena höyrystimeen ruiskutettavan kylmäaineen määrä vähenee ja kennon lämpötila nousee.

Höyrystinkeno, joka sijaitsee normaalisti ajoneuvon sisätilassa, on otettu kokonaisuudessaan 2002 VW Passat henkilöautosta. Samassa kotelossa on myös höyrystinpuhallin, sisä-/ulkokierto-läppämoottori sekä lämmityskeno. Sen yhteydessä on ajoneuvon sisätilaa simuloiva plexistä tehty tila, johon ilma puhalletaan kennojen

läpi. Höyrystinkennossa nestemäinen kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa kennon läpi virtaavasta ilmasta ja muuttuu siten kokonaan matalapaineiseksi kaasuksi. Jälleen kylmäaineeseen sitoutuu paljon lämpöenergiaa johtuen olotilan muutoksesta nesteestä kaasuksi. Matalapaineinen kylmäaine palaa takaisin kompressorille ja kylmäainekierto alkaa uudestaan.

Lauhduttimen yhteyteen on asennettu SPAL- puhallin, jota ohjaa mekaaninen painekatkaisin. Painekatkaisin on sijoitettu kylmäainekierron nestelinjaan kuivaajan yhteyteen. Se kytkee lauhdutinpuhaltimen päälle kun paine ylittää 17 barin ja sammuttaa puhaltimen kun paine laskee alle 14 barin. Puhaltimen pyöriessä lauhdutin siirtää ulkoilmaan kylmäaineen luovuttaman lämpöenergian, kun taas puhaltimen ollessa pysähdyksissä lauhduttimen siirtämä lämpöenergia on lähes olematonta. Opetuslaitteistossa lauhdutinpuhallin pyörii noin puolet ilmastoinnin käyntiajasta, joka on ajoneuvoissakin normaali suhde.

Painekatkaisimessa on myös 2 turvakytkintä. Se on kytketty kompressorin hihnapyörän magneettikytkimen kanssa sarjaan tehden sen jännitteettömäksi jos paine nousee yli 28 barin tai laskee alle 2 barin. Tämä estää ilmastoinnin kompressorin käymisen ilman kylmäainetta sekä laitteen räjähtämisen vikatilanteessa. Kompressorissa on lisäksi mekaaninen ylipaineventtiili joka aukeaa 32 barissa päästäen kylmäaineet ulos järjestelmästä.

Samaan sarjakytkentään painekatkaisimen ja kompressorin magneettiventtiilin kanssa on kytketty jäätymissuojatermostaatti, joka vahtii höyrystinkennon jäätymistä. Kun kennon lämpötila laskee alle 0° C:een, tekee termostaatti magneettikytkimen jännitteettömäksi jolloin kompressorin pysähtyy ja kennon lämpötila alkaa nousta estäen sen jäätyksen.

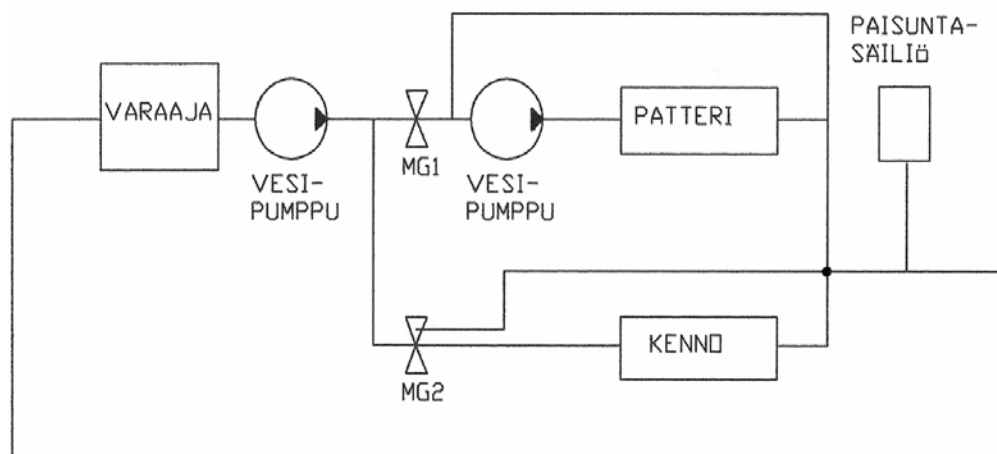
Ilmastointihuoltoliittimet on sijoitettu kompressorin lähtöihin sekä matala- että korkeapainepuolelle. Huoltoliittimet ovat ainoastaan R 134a- kylmäaineelle tarkoitettua mallia, jotka ovat käytössä myös kaikissa ajoneuvoissa, joissa käytetään kyseistä kylmäainetta.

Kylmäainekierto on lisätty sulkuhana ennen ruiskutusventtiiliä. Tämän avulla saadaan simuloitua yhtä yleisimmistä vikatilanteista ilmastoinnissa, joka on laitteen tukkeutuminen. Yleensä tukos on kuivaimessa tai ruiskutusventtiilissä johtuen kosteudesta tai epäpuhtauksista järjestelmässä.

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Lämmitysjärjestelmän tehtävänä ajoneuvoissa on, päinvastoin kuin ilmastoinnissa, tuoda lämpöenergiaa ajoneuvon sisätilaan. Tuotaessa lämpöenergiaa ohjaamon lämpötila nousee. Se on mukavuuden ja turvallisuuden edellytys varsinkin talvella, jolloin ajoneuvon ikkunat tulee pysyä sulana sekä kuljettaja ja matkustajat lämpimänä. Lämmitysjärjestelmissä käytetään väliaineena lähes poikkeuksetta veden ja jäähdytysnesteen sekoitusta.

4.1 Komponentit ja lämmityskierto



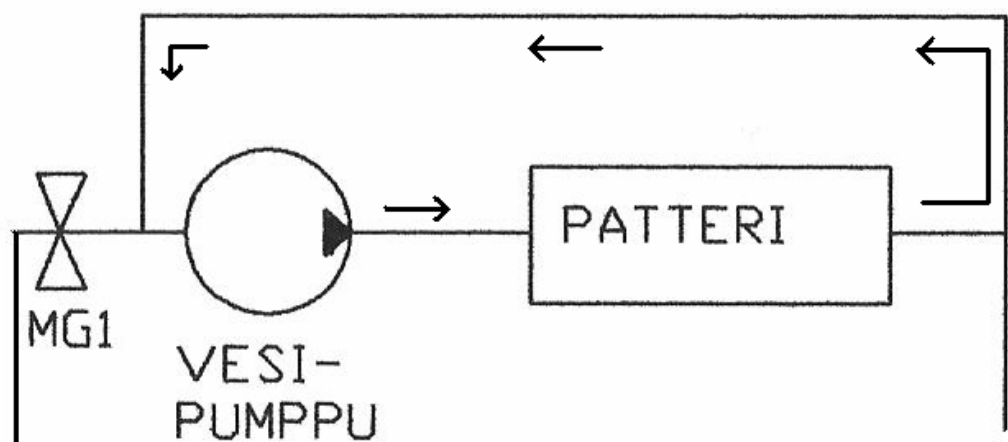
Kuva 3. Lämmityskierron PI-kaavio

Järjestelmän (kuva 3) lämmin vesi (+65° C) saadaan 3 kW lämminvesivaraajasta, jonka tilavuus on 15 litraa. Laitteiston kokonaistilavuus on noin 17 litraa. Varaaja lämmittää veden käyttölämpöiseksi 15 minuutissa, joten se ei viivästy opetusta

tarpeettoman pitkään. Varaaja yhdessä jatkuvasti pyörivän vesipumpun kanssa simuloivat ajoneuvon moottoria, josta normaalisti lämmitykseen käytettävä kuuma vesi otetaan mekaanisen vesipumpun paineistamana. Vesijärjestelmä on avoin joten sen paine on 0 bar. Kahden litran paisuntasäiliö tasoittaa veden lämpölaajenemista johtuvat tilavuuden vaihtelut.

Lämmitysyksiköjä on opetuslaitteistossa kaksi; patteri ja kenno. Patteri on linja-autoissa yleisimmin käytetty lämmitysmuoto ja ne sijaitsevat seinien vieressä hieman lattiatason yläpuolella. Patteri on valmistettu kupariputkesta ja alumiinirivoista ja se lämmitysteho on noin 600 W/m ja sen pituus opetuslaitteistossa on noin 1 metri. Patteri on sijoitettu pleksistä tehtyyn läpinäkyvään tilaan, joka simuloi ajoneuvon lämmitettävää sisätilaa.

Patteri on kytketty ns. sunnapiiriin (kuva 4), jolla on oma sähköohjattu vesipumppu. Sama vesi kiertää patterin läpi suurella kiertonopeudella (25 l/min) jolloin patteri pysyy tasalämpöisenä koko matkalta. Kun sisätilaan tarvitaan lisää lämpöä, avataan varaajaan ja vesipumppuun (ajoneuvossa moottoriin) yhteydessä oleva sähköohjattu magneettivesiventtiili (NO), jolloin kiertoon saadaan lisää lämmintä vettä. Magneettiventtiilin ollessa auki kuumaa vettä sekoittuu sunnapiirissä kiertävään veteen. Kuumen veden korvaama vesimäärä poistuu sunnapiiristä takaisin moottorin paluukiertoon.



Kuva 4. Patterikierron sunnapiiri

Lämmityskennoa käytetään linja-auton lisäksi lähes kaikissa ajoneuvoissa, jossa tarvitaan lämmitystä. Lämmityskenno on sijoitettu opetuslaitteistossa aiemmin mainittuun vuoden 2002 VW Passatin moduuliin, jonka yhteydessä on myös muut ajoneuvon sisällä normaalisti olevat toimilaitteet. Ilma kiertää jatkuvasti lämmityskennon läpi ja lämmityksen tehoa säädetään säätämällä kennossa kiertävän kuuman veden määrää sähköohjatun magneettivesiventtiilin (NC) avulla. Kennon magneettiventtiilin ollessa jännitteettömänä vesi kiertää kuumalta puolelta takaisin paluupuolelle menemättä kennon kautta, jolloin lämminvesivaraajan vesi sekoittuu ja järjestelmään ei pääse kertymään painetta veden lämmitessä.

5. LÄMMÖNSÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

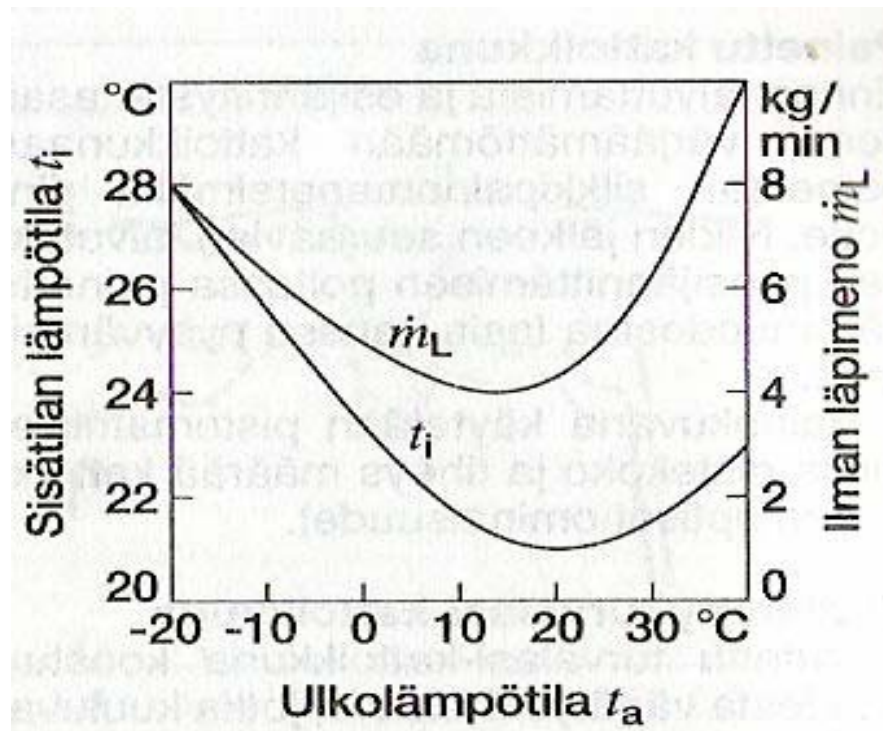
Laitteisto voidaan kytkeä kokonaisuudessaan multiplex- järjestelmällä ohjatun lämpötilansäätöjärjestelmän piiriin. Sen mahdollistavat laitteeseen tehdyt anturoinnit sekä toimilaitteiden sähköiset kytkennät. Multiplex- järjestelmään kuuluvilla CAN- väylällä ja KIBES- ohjelmistolla ohjataan laitetta nykyaikaisen ajoneuvon automaattilämmönsäätöjärjestelmän tavoin.

5.1 Säädön teoriaa

Ajoneuvon automaattinen lämmönsäätöjärjestelmä on monimutkainen, koska säätöön vaikuttavia muuttujia on paljon. Säätöön vaikuttavat mm. vallitseva ulko- ja sisälämpötila, haluttu lämpötila sekä matkustajien henkilökohtaiset mieltymykset. Sisätilojen miellyttävyyteen vaikuttavat sisäilman lämpötila, puhallusilman lämpötila, säteilylämmön määrä, ilman nopeus, ilman kosteus sekä ulko- ja sisälämpötilan ero. /1/

Ajoneuvon sisätilan lämpötila riippuu voimakkaasti ulkolämpötilasta. Sisälämpötila ei saisi alittaa 21° C:tta missään olosuhteissa ja säätö tapahtuu 21-28° C:een välissä riippuen ulkolämpötilasta. Kaaviossa 1 on kuvattu miellyttävä ja terveellinen sisälämpötila ulkolämpötilan funktiona.

Kaavio 1. Miellyttävä ja terveellinen sisälämpötila ja ilman läpimeno ulkolämpötilan funktiona. /1/



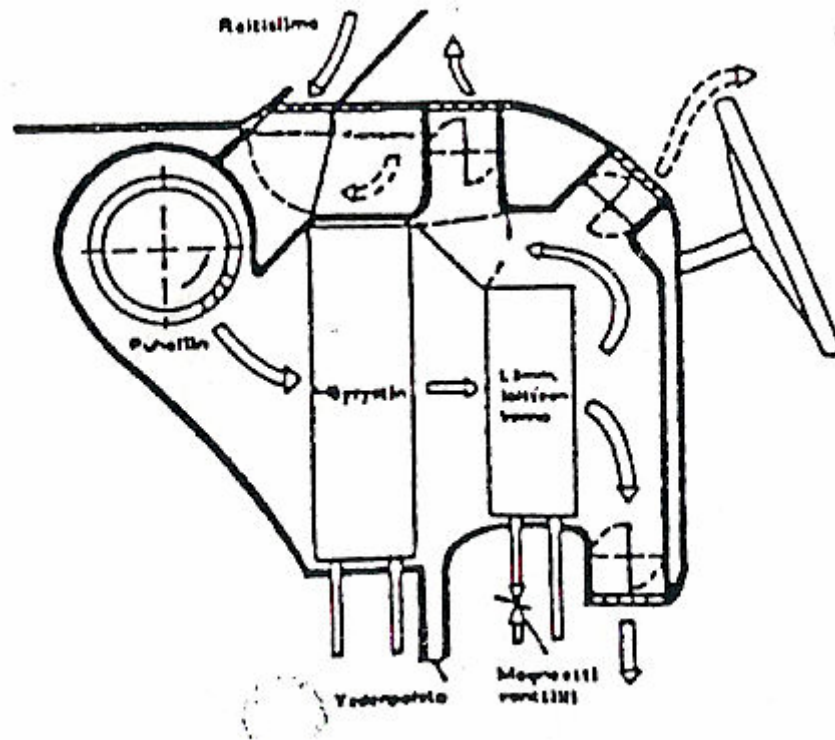
Kaaviosta nähdään, että ulkolämpötilan noustessa tai laskiessa yli tai ali 21 °C:n, tulee myös ajoneuvon sisälämpötilaa nostaa tai laskea liiallisen lämpötila-eron välttämiseksi. Puhallinnopeus (ilman läpivirtausmäärä) nousee luonnollisesti myös sisä- ja ulkolämpötilojen erojen kasvaessa jotta haluttu lämpötila saadaan pidettyä. Sääto tapahtuu samankaltaisesti sekä jäähdytyksessä että lämmityksessä. Lämmityksessä sisä- ja ulkoilman lämpötilaero voi olla huomattavasti suurempi kuin jäähdytyksessä, sillä ulkolämpötilan ollessa -20 °C:sta säätyy sisälämpötila +28 °C:een. Lämpötilaeron täytyy olla tarpeeksi suuri, jotta ikkunoiden läheisyydessä saadaan vähennettyä ns. ”kylmäsäteilyä”. Tämä tarkoittaa sisäilman lämpöenergian siirtymistä ikkunoista sisätiloihin säteilevään kylmään ilmaan. Jos sisäilma ei ole tarpeeksi lämmintä kohdatessa ikkunoista säteilevän kylmän ilman, jää ikkunoiden läheisyydessä olevat alueet kylmiksi. /1/

Kun tavoitelämpötilan ja todellisen sisälämpötilan lämpötilaero ΔT pienenee, puhallinnopeutta lasketaan ja puhallusilman lämpötilaa aletaan säätää lähemmäksi tavoitelämpötilaa. Puhallusilma on tietenkin aina joko vallitsevaa sisäilmaa kylmem-

pää (jäähdytys) tai kuumempaa (lämmitys) johtuen sisätiloista tai sisätiloihin säteilevän lämpöenergian kompensoimisesta. /1/

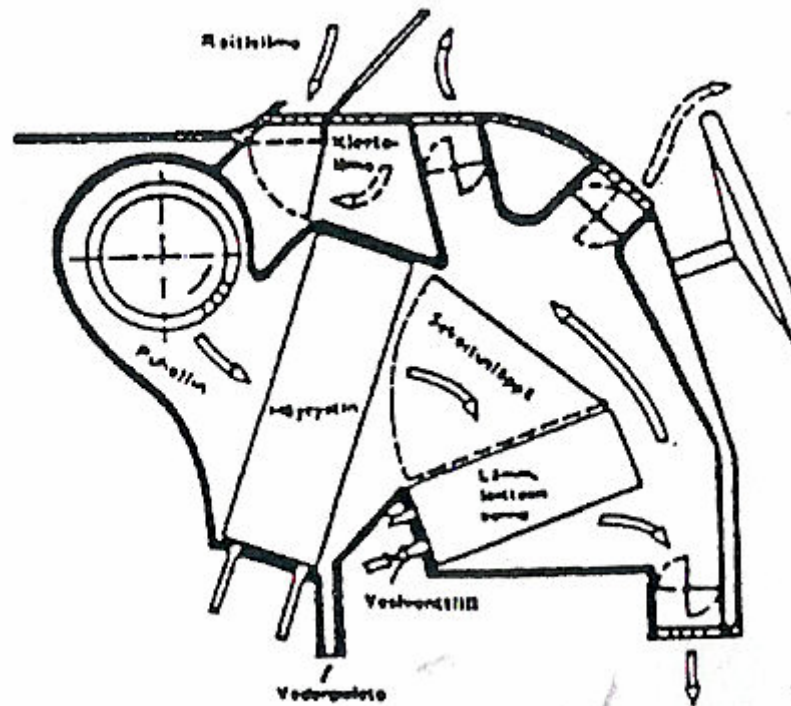
Anturit antavat ohjainlaitteelle tiedot ajoneuvon tilasta, jonka perusteella automaattinen lämmönsäätöjärjestelmä ohjaa lämpötilaa ja puhallinnopeutta. Tärkeimmät anturit ovat ulkolämpötila-anturi sekä halutun lämpötilan säätöyksikkö, joiden mukaan kaikkia parametreja säädetään. Näiden antureiden keskinäinen tila myös määrittää, jäähdyttääkö vai lämmittääkö järjestelmä sisätilaa. Kennoon on liitetty kennon lämpötila-anturi, jonka avulla ohjainlaite seuraa puhallusilman liiallista lämpenemistä suhteessa vallitsevaan sisäilmaan. Patterissa on lämpötila-anturi, joka kertoo ohjainlaitteelle patterin lämpötilan. Näillä antureilla saadaan tehokkaasti pienennettyä ns. huntingia eli lämpötilan aaltoilua tavoitelämpötilan ylä- ja alapuolella. Ajoneuvon sisätilaan on sijoitettu sisälämpötila-anturi, joka kertoo ohjainlaitteelle vallitsevan sisätilan lämpötilan. Puhallinnopeuden säätö tapahtuu ohjainlaitteen avulla PWM (pulse width modulation)- säädöllä. Näin saadaan säädettyä eri tilanteisiin sopiva erittäin tarkka puhallinnopeus.

Ajoneuvojen lämmityksen säätö jaetaan kahteen ryhmään: vesisäätöiset ja ilmasäätöiset järjestelmät. Molemmissa järjestelmissä tarvittava lämpöenergia saadaan ajoneuvon moottorin hukkalämmöstä, mutta ero järjestelmien välillä on säätötavassa. Molempien järjestelmien rinnalla voidaan käyttää myös ilmastointilaitetta.



Kuva 5. Vesisäätöinen lämmitysjärjestelmä /2/

Vesisäätöisesti ohjatuissa järjestelmissä (kuva 5) kennon lämpötilaa säädetään magneettiventtiilin avulla. Tällöin koko ilmamäärä kiertää jatkuvasti kennon läpi. Kennon lämpötilaa ja täten lämmitystä ohjataan kennoon päästettävän kuuman veden säätelyllä, joka tapahtuu katkomalla pulssimaisesti magneettiventtiiliä. Puhallusilman lämpötilan tarkka säätö onnistuu sisä-, ulko- ja kennon lämpötila-anturin avulla.



Kuva 6. Ilmasäätöinen lämmitysjärjestelmä /2/

Ilman puolelta ohjatuissa ajoneuvojen lämmönsäätöjärjestelmissä (kuva 6) kuuma vesi kiertää jatkuvasti lämmityslaitteen kennon läpi. Tehon säätämiseksi ilmamäärä ohjataan kahteen osaan ennen kennoa: osa ilmavirrasta ohjataan kennon läpi ja osa ilmavirrasta kennon ohi erillisen läpän avulla. Ilmavirtojen yhdistyessä kennon jälkeen saadaan ohjaamoon halutun lämpöistä ilmaa, jonka lämpötilaa saadaan säädettyä portaattomasti läppämoottorin sekä ohi- ja läpivirtauksen suhteen avulla.

Sisätilaa jäähdyttäessä mitattavat suureet ovat ulkolämpötila, sisälämpötila, kennon lämpötila sekä puhallinnopeus. Ilmastoinnin tehoa rajoitetaan tarpeen mukaan pysäyttämällä kompressorit. Tehoa voidaan rajoittaa myös vähentämällä puhallinnopeutta, jotta viileä ilmavirtaus ei muutu epämukavaksi.

5.2 Opetuspöydän lämpötilansäätölaitteet

Opetuspöytä on anturoitu kuten nykyaikainen linja-auton lämmönsäätöjärjestelmä, jonka toimintaperiaate esiteltiin luvussa 5.1. Opetuslaitteen molemmissa sisätiloissa simuloivissa tiloissa on omat lämpötila-anturit. Pöydässä on myös kennon lämpötila-, ulkolämpötila- sekä patterin lämpötila-anturit. Kuten jo aiemmin mainittiin, kennolämmityksen tehoa säädetään vesisäätöisesti magneettiventtiilin avulla.

6. ILMASTOINNIN TUTKIMINEN

Lämmönsäätöjärjestelmän tutkimus- ja opetuslaitteiston avulla tehdään ilmastointilaitteeseen liittyvä laboratoriotyö osana autolaboratoriot- kurssin sisältöä. Työn kesto on yksi laboratorioskerta eli 4-5 tuntia. Hyvät edellytykset ilmastoinnin tutkimiselle antaa autolaboratorioon hiljattain hankittu moderni ilmastointihuoltolaite. Laboratorion käytettävissä ei ole ilmastoitua ajoneuvoa joten ilmastoinnin tutkiminen ei ole ollut mahdollista ennen simulaatiopöydän rakentamista.

Pöydän avulla opetetaan insinööriopiskelijoille ilmastoinnin ja lämpötilansäädön komponentit. Kaikkien opiskelijoiden tulee ymmärtää myös kylmäainekierto olotilanmuutoksineen. Käytännön osuudessa tutustutaan ilmastoinnin huoltolaitteeseen ja huoltoon sekä siinä huomioon otettaviin seikkoihin. Lisäksi laitteistolla tehdään muita mittauksia ja harjoituksia. Tutkittavia aiheita ovat mm. kylmäaineen määrän vaikutus tehoon ja laitteiston toimintaan, lämpöenergian siirtyminen sisätilasta ulkotilaan, jäätymissuojatermostaatin toiminta, painekytkimen ja lauhdutinpuhaltimen toiminta sekä ilmastointikierron säätötekniikka kokonaisuudessaan. Lisäksi opiskelijat perehtyvät vikatilanteeseen, jossa hanalla suljetaan ruiskutusventtiili tai kuivaaja. Tarkoitus on saada opiskelijoille laaja kokonaiskuva ilmastointilaitteen toiminnasta ja huollosta käytännön esimerkkien avulla. Autolaboratoriotyön työohjeet ovat tutkintotyön liitteenä 2.

7. LÄMMÖNSÄÄTÖJÄRJESTELMÄN OHJAUKSEN TUTKIMINEN

Kuten aiemmin jo mainittiin, koko järjestelmää voidaan ohjata KIBES- ohjelmiston, CAN- väylän sekä MUX-2 solmun avulla. Solmun avulla CAN- väylään liitetään kaikki komponentit eli magneettiventtiilit, vesipumppu, kompressorin magneettikytkin sekä höyrystinpuhallin. Sisä-, kenno-, patteri-, säätö- sekä ulkolämpötila-anturit liitetään myös CAN- väylän solmuun.

Opiskelijat tutustuvat KIBES- ohjelmistoon sekä CAN- väylätekniikkaan väylätekniikka- kurssilla. Ensin opiskelijoiden tulee tietää kuinka teoriassa CAN- väylä toimii ja tämän jälkeen saada opetusta KIBES: in ohjelmointiin. Käytännön osuudessa opiskelijat kytkevät CAN- väylän ohjainlaitteen, MUX-2 solmun sekä opetuslaitteiston fyysiset kytkennät. Opiskelijoiden on tärkeää ymmärtää, mikä kohta laitteesta on CAN- väylää ja mikä perinteistä tasasähkötekniikkaa. Tämä tulee myös havainnollisesti esille kytkentöjen yhteydessä. Laitteistossa on antureita ja toimilaitteita, jotka pitää kytkeä kukin omalla tavallaan solmuun ja CAN- väylän kautta ohjainlaitteeseen. Täten CAN- väylätekniikan monipuoliset ominaisuudet tulevat hyvin selville käytännön tasolla, jonka pohjana on sitä edeltävä teoriaopetus.

Ohjelmointi KIBES- ohjelmistolla opetetaan myös ensin teoriassa ja sen jälkeen opiskelijat tekevät ohjelmointiharjoituksia käytännössä. Lämmönsäätöjärjestelmää ohjaava ohjelma on melko monipuolinen ja siinä käytetään laajasti hyväksi ohjelmiston ominaisuuksia. Opiskelijat voivat tehdä osia ohjelmasta ja tutustua sen eri käyttömahdollisuuksiin kuten mm. toimilaitteen ohjaus plus- tai miinusjännitteen avulla tai anturitiedon vastaanottaminen ja käsittely. Lisäksi tutustutaan magneettiventtiilien ohjaukseen sekä pulssiohjaukseen höyrystinpuhalltimien yhteydessä.

Väylätekniikka-kurssin koko käytännön osuus voidaan suorittaa opetuspöydän ja CAN- väylälaitteiston avulla. Opiskelijat saavat selvän kokonaiskuvan multiplex-järjestelmästä, käytännön kytkennöistä, nykyaikaisesta ohjaustekniikasta sekä nykyaikaisen lämmönsäätöjärjestelmän toiminnasta.

7.1 Lämmönsäätöjärjestelmän kytkeminen CAN- väylälaitteistoon

Lämmönsäätöjärjestelmä kytketään CAN- väylän ohjauksen piiriin yhden MUX-2 solmun avulla. Solmu on kytkettynä CAN- väylän välityksellä ohjainlaitteeseen jonka toimintoja ohjaa KIBES- ohjelmisto. Solmun kytkentänavat on esitetty kuvassa 8. Taulukossa 1 on esitetty solmusta lähtevät ohjaukset.

E			
AUS_31_G5_HS	2	1	AUS_32_G5_LS
AUS_29_G5_HS	4	3	AUS_30_G5_LS
AUS_27_G5_HS	6	5	AUS_28_G5_LS
AUS_25_G5_HS	8	7	AUS_26_G5_LS
PLUS_G5	10	9	MINUS
AUS_23_G5_HS	12	11	AUS_24_G5_LS
AUS_21_G5_HS	14	13	AUS_22_G5_LS
AUS_19_G5_HS	16	15	AUS_20_G5_LS
AUS_17_G5_HS	18	17	AUS_18_G5_LS
alle			
A			
EIN_STATUS_13	21	22	AUS_01_G1_HS
EIN_STATUS_14	19	20	AUS_02_G1_HS
EIN_STATUS_15	17	18	AUS_03_G1_HS
EIN_STATUS_16	15	16	AUS_04_G1_HS
EIN_STATUS_17	13	14	AUS_05_G1_HS
EIN_STATUS_18	11	12	AUS_06_G1_HS
MINUS	9	10	PLUS_G1
MINUS	7	8	PLUS_G2
EIN_STATUS_19	5	6	AUS_07_G2_HS
EIN_STATUS_20	3	4	AUS_08_G2_HS
EIN_STATUS_21	1	2	AUS_09_G2_HS
D			
EIN_STATUS_02	2	1	EIN_STATUS_01
EIN_STATUS_04	4	3	EIN_STATUS_03
EIN_STATUS_06	6	5	EIN_STATUS_05
EIN_STATUS_08	8	7	EIN_STATUS_07
EIN_STATUS_10	10	9	EIN_STATUS_09
EIN_STATUS_12	12	11	EIN_STATUS_11
EIN_ANALOG_02	14	13	EIN_ANALOG_01
C			
CAN_H1	2	1	CAN_L1
CAN_H2	4	3	CAN_L2
EIN_ID_01	6	5	CAN_L_AB
EIN_ID_03	8	7	EIN_ID_02
AUS_ID_PLUS	10	9	AUS_ID_MINUS
B			
EIN_STATUS_22	17	18	AUS_10_G3_HS
EIN_STATUS_23	15	16	AUS_11_G3_HS
EIN_STATUS_24	13	14	AUS_12_G3_HS
EIN_ANALOG_03	11	12	AUS_13_G3_HS
MINUS	9	10	PLUS_G3
MINUS	7	8	PLUS_G4
EIN_ANALOG_04	5	6	AUS_14_G4_HS
EIN_ANALOG_05	3	4	AUS_15_G4_HS
EIN_ANALOG_06	1	2	AUS_16_G4_HS

Kuva 8. MUX-2 solmun terminaalit

Taulukko 1. MUX-2 solmun ohjaukset

5.5.2.1 HIGH SIDE - switch

	Name	Connector pin	Switching current	Note
Group 1	AUS_01_G1_HS	A22	3A	Circuit protection via ext. 15A fuse
	AUS_02_G1_HS	A20	3A	
	AUS_03_G1_HS	A18	3A	
	AUS_04_G1_HS	A16	3A	
	AUS_05_G1_HS	A14	3A	
	AUS_06_G1_HS	A12	3A	
Group 2	AUS_07_G2_HS	A6	3A	Circuit protection via ext. 15A fuse
	AUS_08_G2_HS	A4	3A	
	AUS_09_G2_HS	A2	10A	
Group 3	AUS_10_G3_HS	B18	5A	Circuit protection via ext. 15A fuse
	AUS_11_G3_HS	B16	5A	
	AUS_12_G3_HS	B14	5A	
	AUS_13_G3_HS	B12	5A	
Group 4	AUS_14_G4_HS	B6	3A	Circuit protection via ext. 15A fuse
	AUS_15_G4_HS	B4	3A	
	AUS_16_G4_HS	B2	10A	
Group 5	AUS_17_G5_HS	E18	1A (3A) *	Circuit protection via ext. 15A fuse
	AUS_19_G5_HS	E16	1A (3A) *	
	AUS_21_G5_HS	E14	1A (3A) *	
	AUS_23_G5_HS	E12	1A (3A) *	
	AUS_25_G5_HS	E8	1A (3A) *	
	AUS_27_G5_HS	E6	1A (3A) *	
	AUS_29_G5_HS	E4	1A (3A) *	
	AUS_31_G5_HS	E2	1A (3A) *	

MUX-2 solmuun tuodaan +26 V jännite napoihin A 8 (PLUS_G2) ja B 10 (PLUS_G3). Kumpikin jännite otetaan erikseen 15 ampeerin liittimestä virtalähteestä. Näitä jännitelähtöjä vastaavat miinukset kytketään navoista A 7 (MINUS) ja B 9 (MINUS) suoraan virtalähteen miinusliittimiin. Kaikki toimilaitteet on kytketään ”high side switch”- ohjaukseen, joka tarkoittaa ohjausta jännitteen avulla. Kaikki toimilaitteet siis maadoitetaan suoraan virtalähteeseen. Taulukossa 2 on esitetty toimilaitteiden kytkennät navoittain. Samassa taulukossa on listattu myös sulakkeet, jotka on sijoitettu toimilaitteiden kytkentärasiaan. Kytkentänapoja vastaavat osoitteet sekä solmun enimmäiskytkentävirrät selviävät kuvasta 4 ja taulukosta 1.

Taulukko 2. Toimilaitteiden kytkennät

Toimilaite	Kytkenänapa	Sulake (A)
Sisäpuhallin	A 2	10
Kompressor	B 18	5
Kenon mg-venttiili	B 14	3
Patterin mg-venttiili	B 16	3
Vesipumppu	B 12	3
Läppämoot. (ulko)	A 6	3
Läppämoot. (sisä)	A 4	3

Kuten taulukosta 1 nähdään, GROUP 2:seen kytketään sisäpuhallin ja ulko-/sisäkierron läppämootori, jonka virrankulutus on lähes olematon. Näin ollen kokonaissyöttövirta 15 A riittää helposti. Samoin käy myös GROUP 3:n kohdalla, johon kytketään kompressor, vesipumppu ja mg-venttiilit.

Anturit kytketään solmun "EIN_ANALOG_XX"-tuloihin. Näitä tuloja on solmussa yhteensä 6 kappaletta samoin kuin antureitakin. Anturit kytketään solmuun taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. Antureiden kytkennät

Anturi	Kytkenänapa
T kenno	B 1
T patteri	B 3
T ulkotila	B 5
T puhallustila	B 11
T patteritila	D 14
T säätö	D 13

Antureiden kytkentänapoja vastaavat osoitteet selviävät taulukosta 1 ja kuvasta 4. Syöttöjännitteiden, toimilaitteiden ja antureiden kytkentöjen lisäksi ohjainlaitteistoon tarvitaan vielä CAN-väylän ja ohjausyksikön sisäiset kytkennät jotta ohjaus toimisi. Ohjeet näihin kytkentöihin löytyvät CAN-väylälaitteiston omasta ohjeistuksesta.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

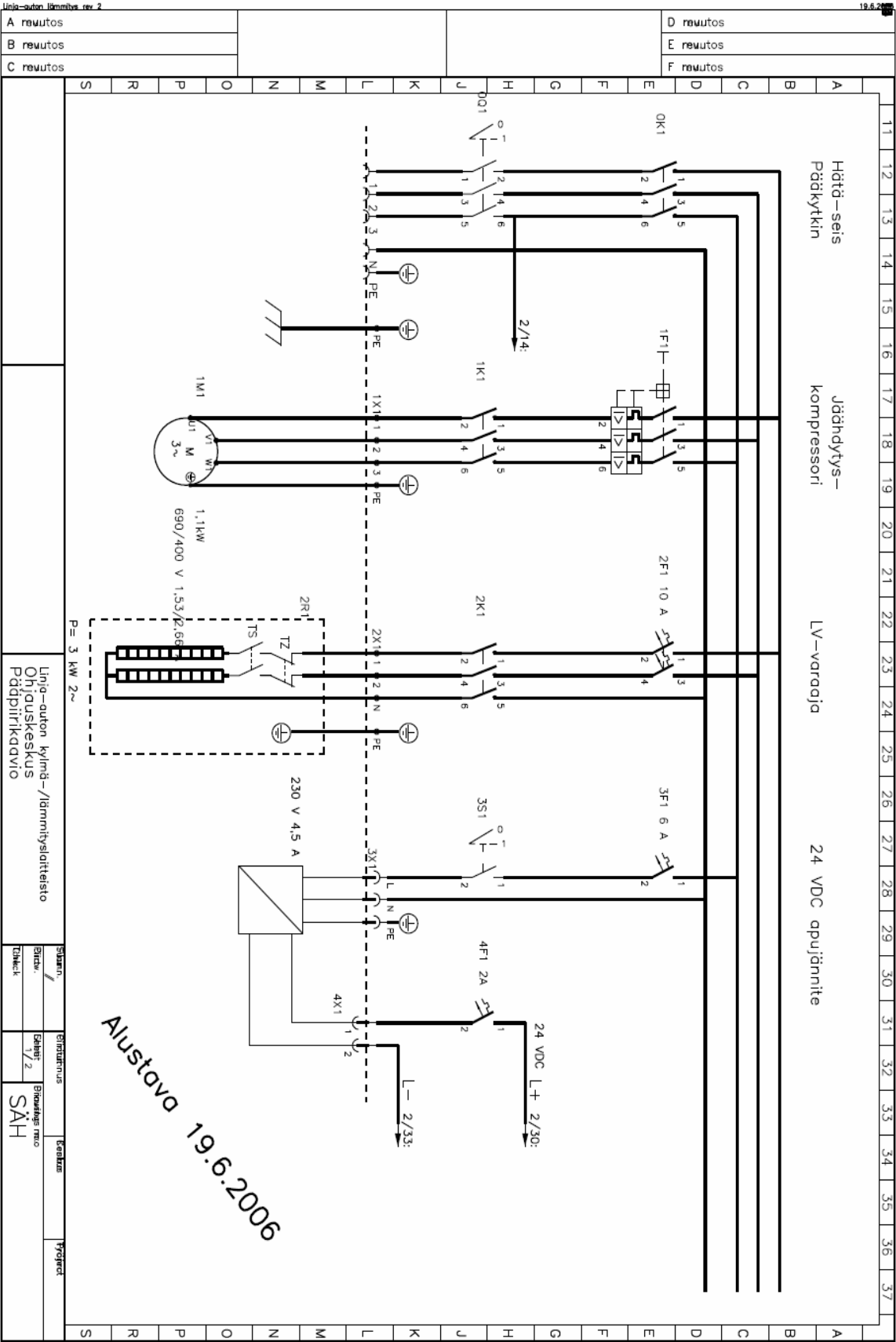
Lämmönsäätöjärjestelmän opetuspöydän suunnittelu ja valmistaminen ei ollut valmistuvalle auto- ja työkoneinsinöörille aivan helppo aihe. Kyseisestä aiheesta on vaikea löytää käytännön esimerkkejä tai teoriapohjaisia julkaisuja koska alue on ajoneuvokäytössä melko uusi. Työtä aloittaessa lopullinen kokonaisuus ei ollut täysin selvillä ja laitteistoa muutettiin tarpeen mukaan työn edetessä.

Aikaisempi kokemus ajoneuvojen lämmönsäätöjärjestelmien parissa auttoi paljon laitteiston suunnittelussa ja valmistuksessa. Vaikkakin laitteistoa voi mielestäni kehittää vielä monin tavoin, voi lopputulokseen olla tässä vaiheessa melko tyytyväinen. Työstä oli myös itselleni paljon hyötyä jatkoa ajatellen, sillä tulen työskentelemään luultavasti jatkossakin ajoneuvojen lämmönsäätöjärjestelmien parissa.

Laitteisto tullaan ottamaan opetuskäyttöön syksyllä 2006 ja opetuksen myötä tar-
kentuu myös sen lopullinen käyttötarkoitus osana opetusta.

LÄHTEET

- 1 Robert Bosch GmbH, BOSCH- autoteknillinen taskukirja. 2002, s. 854.
- 2 Kulojärvi Tauno, Auton lämmitysjärjestelmän suunnittelu, TAMK, 15 s.



A muutos		D muutos		19.8.2017	
B muutos		E muutos			
C muutos		F muutos			

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S										

Hätiö-seis

1/16: 230 V 50 Hz

OF10 4 A

OS1

XX 102

XX 103

OK1

OS21

15S1

25S1

OK1

OH1

1K1

1H1

2K1

2H1

OK1

14 22 33 34

14 22 33 34

14 22 33 34

14 22 33 34

Jäähdytys-kompressor

1F1

95

96

1K1

1H1

2K1

2H1

OK1

14 22 33 34

14 22 33 34

14 22 33 34

14 22 33 34

LV-varaajo

2K11

3

13

14

13

14

13

14

13

14

Vesikierron valvonta

1/34: 24 VDC

L+

1/34:

PS/FS

5X1

1

2

L-

1/34:

2K11

A1

8

11

24

Linja-auton kylmä-/lämmityslaitteiden ohjauskeskus

Ohjauspiirikaavio

Suunnittaja

1/1

1/2

1/3

1/4

1/5

1/6

1/7

1/8

1/9

1/10

1/11

1/12

1/13

1/14

1/15

1/16

1/17

1/18

1/19

1/20

1/21

1/22

1/23

1/24

1/25

1/26

1/27

1/28

1/29

1/30

1/31

1/32

1/33

1/34

1/35

1/36

1/37

12. AJONEUVON ILMASTOINTILAITTEEN TOIMINNAN TUTKIMINEN SIMULAATIOPÖYDÄN AVULLA

12. AJONEUVON ILMASTOINTILAITTEEN TOIMINNAN TUTKIMINEN SIMULAATIOPÖYDÄN AVULLA

1. TEHTÄVÄ

Tutkitaan ajoneuvon ilmastointilaitteen toimintaa opetuspöydän ja FACOM AC.222 kierrätysaseman avulla.

2. ALKUVALMISTELUT

Lue työturvallisuusohjeet. (Liite 1)

Mittauksissa käytettävä kierrätysasema sopii vain ja ainoastaan R-134a kylmäaineella toimivien järjestelmien huoltoon.

Kylmäaineita on monenlaisia ja järjestelmien tyhjentämiseen, kuivaamiseen ja täyttöön tarkoitetut kierrätysasemat soveltuvat normaalisti vain yhdelle tietylle kylmäaineelle. Erilaisilla kylmäaineilla toimivat järjestelmät käyttävät erilaisia öljylaatuja kompressorien voiteluun.

Eri kylmäainelaatuja ei saa koskaan sekoittaa toisiinsa !!!

Käytössä olevan kylmäaineen laatu voidaan selvittää seuraavasti:

- Kompressorin kyltin merkinnät
- Moottoritilasta löytyvät tarrat tai laitekilvet
- Huoltokirja / omistajan käsikirja
- Standardin mukaiset huoltoliittimet R-134a järjestelmissä. Ns. pikaliitin
- Merkkikohtainen kirjallisuus / korjausohjeet. (Esim. AUTODATA)

Tutustutaan FACOM AC.222 kierrätysaseman käyttöön ohjekirjan avulla.

Opetuspöytä kytketään 380 VAC voimavirtapistokkeeseen.

3. MITTAUKSET JA TUTKITTAVAT KOHTEET

Tarkemmat työohjeet löytyvät liitteestä 2.

- A. Komponenttien tunnistus sekä kylmäainekierron toiminnan selvittäminen
- B. Ilmastointilaitteen huolto ja kylmäainemäärän vaikutuksen tutkiminen laitteen toimintaan
- C. Vikatilanne: Ruiskutusventtiilin tukkeutuminen
- D. Vikatilanne: Höyrystimen jäätymisen tutkiminen
- E. Lauhdutinpuhaltimen anturoinnin tutkiminen
- F. Ulos siirrettävän lämpöenergian mittaaminen
- G. Vuodonetsintä väriaineen avulla

4. TYÖSELOSTUS

- A. Komponenttien toiminta ja selvitys kylmäainekierron toiminnasta
- B. Selvitys laitteiston käyttäytymisestä eri kylmäainemäärillä sekä vikatilanteissa (Ruiskutusventtiilin tukkeutuminen ja höyrystinkennon jäätyminen)
- C. Kaavio korkeapaineesta ja lauhdutinpuhaltimen toiminnasta ajan funktiona
- D. Ulos siirrettävän lämpöenergian laskeminen
- E. Pohditaan automaattisen tyhjennys/täyttölaitteen taloutta ja kannattavuutta osana yrityksen taloutta koneen hankintahinnan ja ilmastoinnin huoltohinnan perusteella

5. MITTAUSLAITTEET

- Opetuspöytä
- Ilmastointihuoltolaite
- Fluke 78-yleismittari lämpötila-anturilla

6. LIITTEET

1. Työturvallisuusohjeet
2. Ohjeita työn suorittamiseen
3. Ohjeita ilmastointilaitteen tutkimiseen

LIITE 1

TYÖTURVALLISUUS

- Huolehdi työtilan puhtaudesta ja hyvästä ilmanvaihdosta sillä autoa joudutaan käyttämään mittausten aikana.

- Käytä suojalaseja työskennellessäsi ilmastointilaitteen parissa. Järjestelmässä oleva kaasu on paineen alaista. Nopeasti esimerkiksi vuodosta, rikkoutuneesta letkusta tai liitoksesta purkautumaan pääsevän kaasun lämpötila putoaa nopeasti ja voi jäädyttää esimerkiksi ihon tai silmän hetkessä. Letkurikon tai vuodon yhteydessä purkautuva paine voi lennättää roskia ja muita epäpuhtauksia silmiin.

- R-134a:lla on liuottava vaikutus normaaleihin rasvoihin. Iholle joutuessaan se kuivattaa ihon ja voi aiheuttaa halkeilua ja ärsytystä.

HUUHTELE HETI RUNSAALLA VEDELLÄ MIKÄLI AINETTA JOUTUU I HOLLE TAI SILMIIN. OTA YHTEYTTÄ LÄÄKÄRIIN MIKÄLI SILMISSÄ TUNTUU ÄRSYTYSTÄ TAI KIPUA !!!

- Käsittele kylmäainesäiliöitä huolellisesti. Säiliöiden kolhiminen voi vaurioittaa niitä. Säilytä säiliöitä paineastioiden säilytykseen sopivassa paikassa.

- R-134a ei ole tulenarkaa normaali lämpötilassa tai ilmakehän paineessa.

- R-134a voi olla tulenarkaa kovassa paineessa mikäli sen tilavuudesta yli 60% on ilmaa. Älä koskaan käytä paineilmaa ilmastointijärjestelmän, säiliöiden tai kierrätysaseman puhdistustöihin.

- Voimakkaasti kuumennettaessa R-134-a muodostaa myrkyllisiä kaasuyhdisteitä. Tupakointi ja muu tulen käsittely kylmäaineen käsittelytiloissa on kielletty.

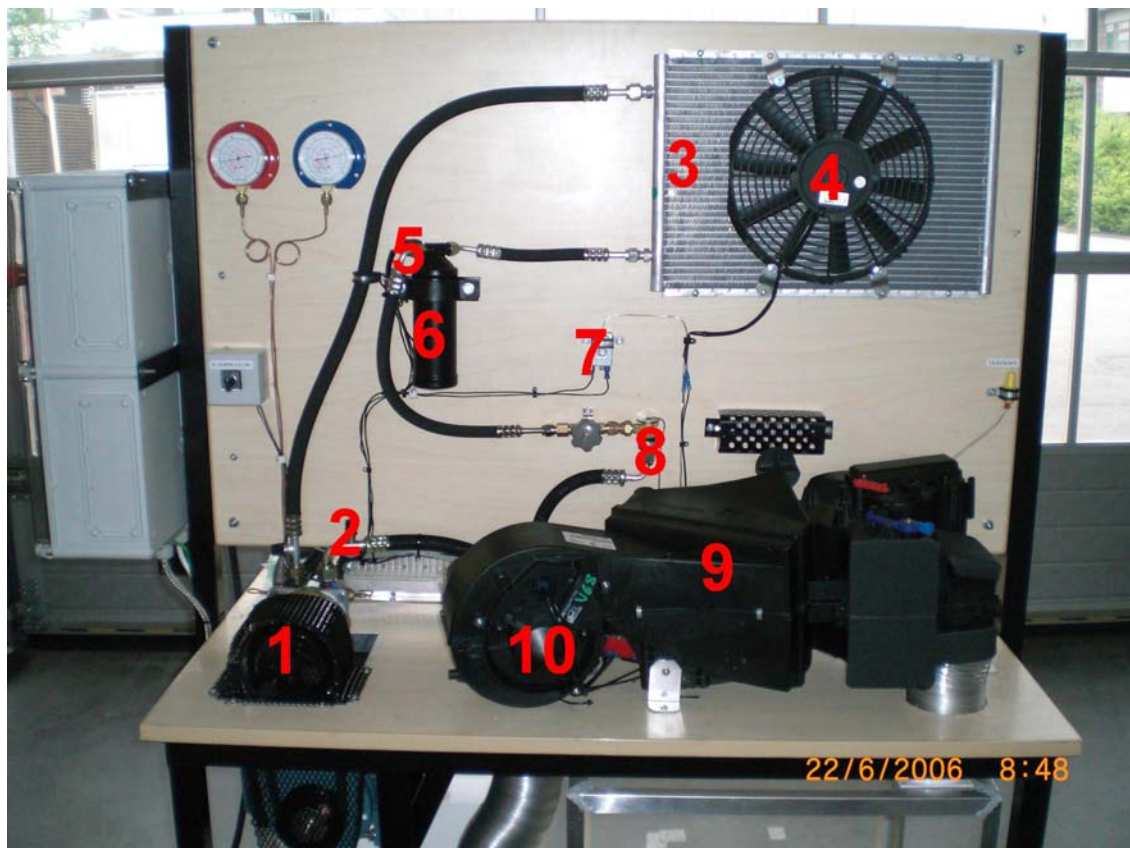
- Laitteisto toimii 380 VAC jännitteellä joten sähkökytkentöjen kanssa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta.

LIITE 2

OHJEITA TYÖN SUORITTAMISEEN

Laitteistoon tutustuminen

Kuvassa 1 on numeroitu ilmastointijärjestelmän osat. Osat tunnistetaan ja nimetään sekä selvitetään kylmäainekierto.



Kuva 1. Ilmastointilaitteen komponentit.

Opetuspöydän päädyssä on päävirtakatkaisin sekä hätäseis- katkaisin, jonka piiri täytyy virittää käyttöön painamalla ON- painonappia. Lisäksi päädyssä on katkaisimet auton moottoria simuloivalle sähkömoottorille sekä auton sähköjärjestelmää simuloivalle muuntajalle. Tarvittavat kytkennät tehdään ennen sähkömoottorin ja muuntajan kytke- mistä päälle.

Kytke 24VDC syöttöön kompressorin ja höyrystinyhdistin. Kompressorin magneetti- kytkimelle on lisäksi katkaisija kompressorin vieressä, jonka tulee olla 0-asennossa. Kytke päävirrat päälle sekä viritä hätäseis- piiri. Kokeile ilmastointilaitetta kytkemällä virrat sähkömoottorille sekä muuntajalle. Tällöin sähkömoottori sekä höyrystinyhdistin pyörii. Ilmastointijärjestelmän kompressorin kytketään päälle kompressorin-kytkimestä. Tällöin ilmas- tointilaitteet alkavat toimia. Tutustu laitteeseen toiminnassa. Yleisiä toimintatiloja ja vikatiloja on kuvattu liitteessä 3.

Ilmastoinnin huolto ja kylmäainemäärän vaikutus ilmastoinnin toimintaan

Ilmastoinnin huoltoon kuuluu seuraavat vaiheet:

1. Laitteiston liittäminen kierrätysasemaan
2. Kylmäaineen ja öljyn tyhjennys
3. Alipaineistus ja vuototesti
4. Kylmäaineen täyttö
5. Mahdollinen öljyn ja väriaineen lisäys

Sammuta ilmastointilaite. Kierrätysasemaan kytketään virta päälle ja matala- ja korkea-painepiirien letkut kytketään kompressorin letkulähdöissä oleviin huoltoliittimiin.

Ennen kytkentää tarkastetaan että kierrätysaseman hanat ovat kiinni ja letkujen päässä olevat venttiilit on kierretty auki.

R-134a järjestelmissä liittimet ovat standardisoituja ja matala- ja korkeapainepiirien liittimet ovat halkaisijoiltaan erikokoisia, joten niitä ei voi kytkeä

väärin. Sininen letku on matalapainepiiri ja punainen letku on korkeapainepiiri.

HUOM! VENTTIILEISTÄ VOI PURSKAHTAA KYLMÄAINETTA LIITTÄESSÄ TAI IRROITTAESSA.

Liitin on pikaliitin- tyyppinen ja sen kytkemisen jälkeen kierretään letkun liittimessä olevasta venttiilistä liittimen venttiilinavaaja kiinni.

Kiertäminen aukaisee samalla ilmastoinnin huoltoliittimen venttiilin.

Letkujen kytkennän jälkeen järjestelmäpaine molemmilta piireiltä on luettavissa kierrätysaseman painemittareista. Sama paine on luettavissa analogisista painemittareista, jotka sijaitsevat opetuspöydässä. Näistä mittareista voidaan lukea myös kylmäaineen lämpötila eri paineilla. Lepotilassa kylmäaineen paineen tulee vastata laboratoriossa vallitsevaa lämpötilaa. Valitse huoltolaitteesta "ASSISTED PROCEDURE" ja kuittaa "ENTER"- painikkeella. Valitse seuraavaksi "RECOVERY RECYCLE" ja kuittaa jälleen "ENTER"- painikkeella. Tämän jälkeen toimi näytön ohjeiden mukaisesti eli avaa huoltolaitteessa olevat hanat ja paina "START". Tällöin laite aloittaa ilmastointijärjestelmän tyhjentämisen. Kun järjestelmä on tyhjennetty kylmäaineista, huoltolaite ilmoittaa "END OF SEQUECES" ja tulostaa raportin tyhjennyksestä. Raportista selviää tyhjennetyt kylmäaineen ja öljyn määrä. Mittareiden pitäisi näyttää tällöin alle 0 baria.

Ennen täyttöä järjestelmä täytyy alipaineistaa. Alipaineistuksella on kaksi tehtävää: kosteuden poisto sekä järjestelmän alipaineistaminen, jotta kylmäaineet saadaan imettyä ilmattomaan järjestelmään. Alipaineistus tapahtuu valitsemalla "ASSISTED PROCEDURE"- valikosta "VACUUM 20 min" ja kuittaamalla se "ENTER"- painikkeella. Tämän jälkeen toimitaan näytön ohjeiden mukaisesti eli avataan huoltolaitteessa olevat hanat ja painetaan "START". Laite alkaa imeä järjestelmää alipaineeseen. Samalla huoltolaite tekee vuototestin josta näyttöön tulee ilmoitus "VACUUM CHECK". Huoltolaite päättää automaattisesti alipaineistuksen.

Seuraavaksi ilmastointilaite täytetään oikealla määrällä uutta kylmäainetta. Järjestelmän kokonaistilavuus on 500 grammaa. Järjestelmä täytetään vaihteittain ja samalla tutkitaan järjestelmän toimintaa eri kylmäainemäärillä. Järjestelmän täyttö tapahtuu valitsemalla "ASSISTED PROCEDURE"- valikosta "FILLING xxxx". Numeronäppäimillä valitaan täyttömäärä, joka ensimmäisessä vaiheessa on 100 grammaa. Täytön jälkeen suljetaan hanat huoltolaitteesta ja käynnistetään ilmastointilaite näytön ohjeiden mukaisesti. En-

ter-näppäimellä voidaan tulostaa graafinen painekaavio. Kun näyttöön ilmestyy teksti "OPEN H.P- L.P", avaa korkeapaineliitin ja molemmat hanat huoltolaitteesta. Tällöin ilmastointilaitte imee letkuissa olevan kylmäaineen järjestelmään. Kun letkuista on imetty kylmäainetta, sulje huoltolaitteen hanat ja avaa matalapainepiiriin huoltoliitin.

Käytä ilmastointia ja vertaa matalapainepiiriin painetta höyrystinkennon lämpötilaan. Kennon lämpötila mitataan FLUKE 78-yleismittarilla, johon on liitetty lämpötila-anturi. Mittauspiste on esitetty kuvassa 2. Työnnä mitta-anturin pää reiästä sisään kennon ripojen väliin. Kun järjestelmän täyttömäärä on oikea, tulee kennon pintalämpötilan ja matalapainepiiriin paineen mukaisen lämpötilan ero olla 0...5 astetta.

Kun havainnot on tehty, lisätään ilmastointijärjestelmään kylmäainetta 200 grammaa ja suoritetaan lämpötilan ja paineiden vertailu. Tällöin laitteen kokonaiskylmäainemäärä on 300 grammaa. Kolmannessa vaiheessa laitteeseen lisätään vielä 200 grammaa jolloin saavutetaan kokonaistäyttömäärä 500 grammaa. Myös lopuksi tehdään paineen ja lämpötilan vertailu. Mittaa myös imu- ja puhalluslämpötilan eroa jokaisessa testivaiheessa. Imu- ja puhalluslämpötilan ero tulee olla toimivassa laitteessa 5-15 astetta. Imulämpötilan mittauspiste on esitetty kuvassa 3 ja puhalluslämpötilan mittauspiste on esitetty kuvassa 4.



kuva 2. Kennon lämpötilan mittaus.



Kuva 3. Imuilman lämpötilan mittaus.



Kuva 4. Puhallusilman mittaus.

Ruiskutuventtiilin tukkeutuminen

Kytke ilmastointilaite päälle ja anna sen käydä minuutti paineiden tasaamiseksi. Käännä seuraavaksi ruiskutusventtiiliä ennen oleva sulkuventtiili kiinni ja seuraa paineita sekä puhalluslämpötilaa. Mitä tapahtuu? Mikä aiheuttaa käytännössä kyseisen vikatilanteen? Älä anna ilmastoinnin käydä tukkeutuneena yli minuuttia kompressorivaurion välttämiseksi.

Höyrystinkennon jäätyminen

Käytä ilmastointia minuutti paineiden tasaamiseksi. Irrota tämän jälkeen höyrystinpuhaltimen kytkentä ja tarkkaile paineita sekä höyrystinkennon lämpötilaa. Mitä tapahtuu ja miksi? Älä anna matalapaineen laskea alle 0,5 bar:iin kompressorivaurion välttämiseksi.

Lauhduttimen anturoinnin tutkiminen sekä lämpöenergian määrittäminen

Kylmäaineen lauhduttamisen hoitaa kenno ja siihen liitetty puhallin. Puhallinta ohjaa painekatkaisin, joka mittaa kylmäaineen korkeapainetta.

Selvitä lauhdutinpuhaltimen päälle- ja poiskytkeänpaine. Mittaa myös lauhduttimen läpi puhallettavan ilman lämpötila kun puhallin pyörii. Piirrä työselostukseen kaavio korkeapaineesta ja lauhdutinpuhaltimen toiminnasta ajan funktiona 5 minuutin ajalta.

Kaikki sisältä otettava lämpöenergia siirretään ulkoilmaan lauhduttimen avulla. Lämpöenergiaa siirtyy ulkoilmaan ainoastaan puhaltimen pyöriessä. Näin ollen sisältä otettavan lämpöenergian määrä ja ilmastoinnin teho saadaan laskettua lauhdutinkennon läpi puhalletun ilmamäärän ja ilman lämpötilan avulla.

Neuvoja laskemiseen ja mittaukseen:

- Lauhdutinpuhaltimen tilavuusvirta on $1400 \text{ m}^3/\text{h}$
- Lämpöenergian ja tehon laskukaavat sekä tarvittavat lähtöarvot löytyvät Tammertekniikan Tekniikan kaavastosta
- Mittaa lämpötilaero lauhdutinkennon imu- ja puhalluspuolelta lauhdutinpuhaltimen pyöriessä

Vuodonetsintä väriaineen avulla

Ilmastointilaitteelle tärkeitä on täydellinen tiiveys. Jos järjestelmä vuotaa, voidaan vuotoa tarkastaa paikallistaa järjestelmään lisätyn fluoriväriaineen ja UV-valon avulla. Tutki järjestelmästä mahdollinen vuoto kohta UV-valolla. Huoltoliittimien yhteydessä on usein fluoriväriä johtuen kylmäaineen purskahtamisesta irrotuksen yhteydessä.

LIITE 3

NEUVOJA ILMASTOINTILAITTEEN TUTKIMISEEN

Normaali toiminta

Matalapaine OK (1,5-3 bar)

Korkeapaine OK (10-20 bar)

Kosteutta/tukos järjestelmässä

Matalapaine putoaa välillä nollan alapuolelle ja kylmäteho olematon verrattuna paineeseen. Kuivaajan tai ruiskutusventtiilin tukkeutuminen

Vajaa täytös

Matalapaine Matala

Korkeapaine Matala

Lauhduttimen teho heikko tai ylitäytös

Matalapaine Korkea

Korkeapaine Korkea

Ilmaa järjestelmässä

Matalapaine Korkea

Korkeapaine Korkea sekä paineen rähähdysmäinen nousu

Kompressorivika

Matalapaine Korkea

Korkeapaine Matala

Mekaaninen ääni

Sähkövika

Kompressor, höyrystinpuhallin tai lauhdutinpuhallin ei kytkeydy päälle